

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-321031

(43)Date of publication of application : 12.12.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

H05H 1/46

(21)Application number : 08-300039

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 12.11.1996

(72)Inventor : YOKOGAWA KATANOBU

ITABASHI NAOSHI

TAJI SHINICHI

MORI MASASHI

SUZUKI KEIZO

ONO TETSUO

(30)Priority

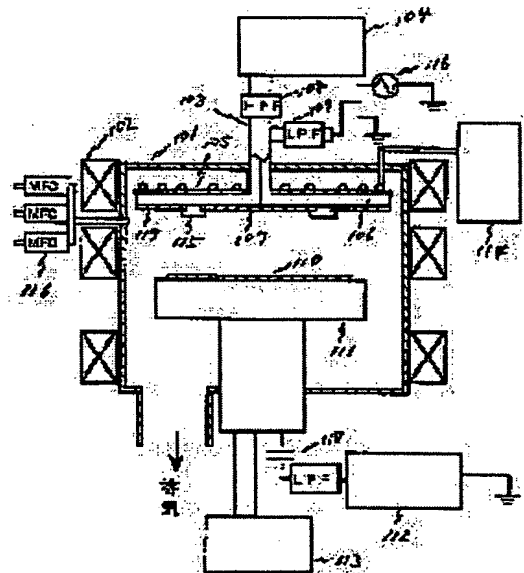
Priority number : 08 75854 Priority date : 29.03.1996 Priority country : JP

## (54) PLASMA TREATING APPARATUS

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To generate a highly uniform magnetic field-having microwave plasma by feeding an electromagnetic wave from a power source to a flat conductor board to radiate an electromagnetic wave for forming a plasma from the conductor board.

**SOLUTION:** An electromagnetic wave for forming a plasma is fed to a circular graphite conductor board 107 from a UHF band power source 104 through a coaxial line 103. The conductor board 107 is formed through a dielectric 106 on a ground potential conductor board 105 to form a microstrip line resonator owing to which a high frequency current flows at high efficiency on the circular conductor board to radiate an electromagnetic wave in air at the plasma side, thus forming a plasma of raw material gas by the mutual reaction of the electromagnetic wave radiated from the board 107 with a magnetic field caused by an air core coil 102.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 08.05.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3267174

[Date of registration] 11.01.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2001-09197

[Date of requesting appeal against examiner's decision of] 04.06.2001

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-321031

(43)公開日 平成9年(1997)12月12日

(51)IntCl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	C
H 0 5 H 1/46			H 0 5 H 1/46	C

審査請求 未請求 請求項の数42 OL (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平8-300039

(22)出願日 平成8年(1996)11月12日

(31)優先権主張番号 特願平8-75854

(32)優先日 平8(1996)3月29日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 横川 賢悦

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 板橋 直志

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 田地 新一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

**最終頁に続く**

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

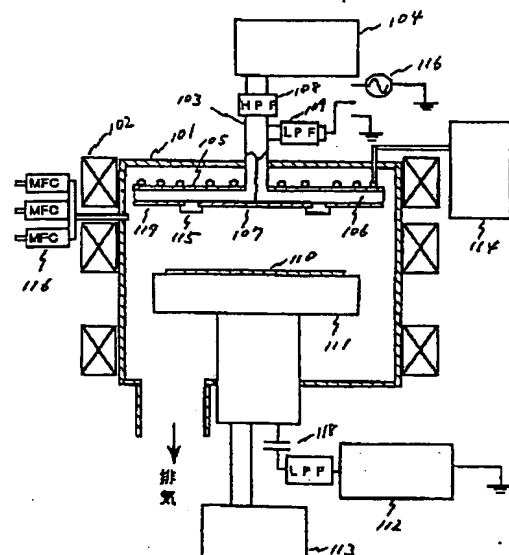
(57) 【要約】

【課題】 ドライエッチングにおいて、高速、高選択比、高アスペクト加工、長期間安定なエッチング特性を達成する。

【解決手段】 UHF帯電源104による電磁波で電子サイクロトロン共鳴現象を用いてプラズマを形成し、さらに電磁波を被加工試料110に対面する位置に配置した円形導体板107から放射させ、かつ前記円形導体板107の材質をシリコンまたはグラファイトとする。

【効果】 UHF帯電源104を用いてプラズマを形成することで、低ガス圧高密度でも低解離なプラズマが形成でき、反応の制御性が向上する。さらに電磁波放射機能を兼ねる円形導体板107上でのプラズマとの反応により、有効活性種を増加できる。

图1



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】容器と、前記容器内に反応ガスを導入する手段と、前記容器内のガスを排気する手段と、前記容器内に設けられ被加工物を設置するための台と、前記容器内に設けられ、プラズマを発生するための電磁波を放射する平板とを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】前記平板は、形成される前記プラズマと接触するように形成されていることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】容器と、前記容器内に反応ガスを導入する手段と、前記容器内のガスを排気する手段と、前記容器内に設けられ被加工物を設置するための台と、前記容器内に設けられ、前記被加工物と対面する位置で電磁波を放射する平板と、前記容器の外部に設けられ、前記電磁波と相乗してプラズマを形成するための磁場形成手段とを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】前記電磁波を放射する平板には、300MHz以上1GHz以下の第1の高周波が印加されていることを特徴とする請求項3記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】前記第1の高周波と重畳させて第2の高周波を印加することを特徴とする4記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】前記第2の高周波は、前記第1の高周波とは2倍以上異なる値の周波数であることを特徴とする請求項5記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】前記平板は、形成されるプラズマと接触するように設けられ、かつ前記平板の前記プラズマと接触する面の周辺部に、前記電磁波を透過する物質を設けることを特徴とする請求項3記載のプラズマ処理装置。

【請求項8】前記物質は、酸化アルミニウム、石英、窒化シリコン、窒化ボロン、ステアタイト、ジルコニアの何れかからなることを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置。

【請求項9】前記台と前記平板との距離を可変にする手段とを備えたことを特徴とする請求項3記載のプラズマ処理装置。

【請求項10】前記電磁波は、円偏波として放射されることを特徴とする請求項3記載のプラズマ処理装置。

【請求項11】容器と、前記容器内に反応ガスを導入する手段と、前記容器内のガスを排気する手段と、前記容器内に設けられ被加工物を設置するための台と、前記容器内に設けられ、前記被加工物と対面する位置にあり、電磁波放射アンテナと誘電体とアース電位導体とからなる電極と、前記容器の外部に設けられ、前記電磁波と相乗してプラズマを形成するための磁場を印加する手段とを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項12】前記電極は、平面状に形成されていることを特徴とする請求項11記載のプラズマ処理装置。

【請求項13】前記電磁波放射アンテナは平板状に形成されており、かつ前記平板内にスリットが形成されていることを特徴とする請求項11記載のプラズマ処理装置。

【請求項14】前記電磁波放射アンテナは、直線状でありかつ複数本あることを特徴とする請求項11記載のプラズマ処理装置。

【請求項15】前記電磁波放射アンテナは、直線状であり3本以上の奇数本が交差して形成され、前記交差する点は前記アンテナの中心から離れた位置にあることを特徴とする請求項11記載のプラズマ処理装置。

【請求項16】前記電極にUHF帯の電源が接続されていることを特徴とする請求項11記載のプラズマ処理装置。

【請求項17】前記アンテナに、300MHz以上1GHz以下の所定の値の第1の高周波と、前記所定の値とは2倍以上異なる値の周波数の第2の高周波とを重畳させて印加することを特徴とする請求項11記載のプラズマ処理装置。

【請求項18】前記誘電体は、石英、酸化アルミニウム、窒化シリコン、窒化ボロン、シリコンカーバイド、ジルコニア、バイレックスガラス、テフロン何れかからなることを特徴とする請求項11記載のプラズマ処理装置。

【請求項19】前記電磁波放射アンテナはシリコン、グラファイト、アルミニウム、ステンレスの何れかからなることを特徴とする請求項11記載のプラズマ処理装置。

【請求項20】容器と、前記容器内の圧力を0.1Pa以上3Pa以下の所定の圧力に調整する手段と、前記容器内に設けられ被加工物を設置するための台と、前記台に第1の高周波を印加する手段と、前記容器内に設けられ、前記台と対面する位置で電磁波を放射する平板と、前記電磁波と相乗してプラズマを形成するための磁場を形成する手段とを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項21】容器と、前記容器内に反応ガスを導入する手段と、前記容器内のガスを排気する手段と、前記容器内に設けられ被加工物を設置するための台と、前記台に高周波を印加する手段と、前記容器内に設けられ、前記台と対面する位置でプラズマを形成するための電磁波を中心部から離れた位置から供給され、かつ前記電磁波を放射する平板とを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項22】容器と、前記容器内にフッ素原子を含む化合物からなるエッチングガスを導入する手段と、前記容器内のガスを排気する手段と、前記容器内に設けられ、シリコン酸化膜が形成されたウエハーを設置するための台と、前記台に高周波を印加する手段と、前記台と対面する位置でプラズマを形成するための電磁波を放射

するグラファイトまたはシリコンからなる平板板と、前記電磁波と相乗してプラズマを形成するための磁場を形成する手段とを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 23】容器と、前記容器内に反応ガスを導入する手段と、前記容器内のガスを排気する手段と、前記容器内に設けられ被加工物を設置するための台と、前記容器内に設けられ、前記被加工物と対面する位置にあり、アース電位導体と誘電体と線形状でありかつ電磁波の  $1/4$  波長の整数倍の  $\pm 20\%$  以内の長さの電磁波放射アンテナとからなる電極と、前記容器の外部に設けられ、前記電磁波と相乗してプラズマを形成するための磁場を印加する手段とを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 24】容器と、前記容器内に反応ガスを導入する手段と、前記容器内のガスを排気する手段と、前記容器内に設けられ被加工物を設置するための台と、前記容器内に設けられ、前記被加工物と対面する位置で電磁波を放射する平板と、前記平板に、高域通過フィルタを介して UHF 帯の電磁波を供給すると共に、低域通過フィルタを介して前記 UHF 帯の周波数と 2 倍以上異なる値の周波数の電磁波を供給する手段と、前記容器の外部に設けられ、前記電磁波と相乗してプラズマを形成するための磁場形成手段とを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 25】ガス導入部及び排気部をもつ真空チャンバーと、前記真空チャンバー内に被加工試料を設置する被加工試料設置手段と、前記被加工試料の加工面と垂直方向に磁場を形成する磁場形成手段と、前記加工面に対向する位置に設置されるアース電位の平板の近傍にストリップラインからなるマイクロ波導入手段と、前記アース電位の平板及びストリップラインにマイクロ波電力を給電するマイクロ波導波手段とをもち、前記真空チャンバー内の電磁波で気相中に導入されたガスをプラズマ化することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 26】請求項 25 記載のプラズマ処理装置において、前記磁場形成手段が永久磁石と前記永久磁石の磁場分布を制御する空心コイルによる構成、空心コイルのみによる構成、永久磁石のみによる構成のいずれか一種の構成であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 27】請求項 26 記載のプラズマ処理装置において、前記永久磁石が、直径が被加工試料径の  $70\%$  から  $150\%$  の範囲であり、厚みが前記直径の  $10\%$  から  $100\%$  の範囲である円筒形であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 28】請求項 26 又は 27 記載のプラズマ処理装置において、前記永久磁石が、複数の小型磁石を近接して配列されて構成されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 29】請求項 27 又は 28 記載のプラズマ処理

装置において、前記永久磁石の少なくとも一部が前記被加工試料の加工平面に対し垂直方向で移動可能に構成されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 30】請求項 25 ないし 29 のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置において、前記ストリップラインが給電点を中心に放射状に配置されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 31】請求項 25 ないし 29 のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置において、前記ストリップラインが直線状で、かつ並行に複数本配置されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 32】請求項 25 ないし 29 記載のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置において、前記ストリップラインで構成されるアンテナは前記真空チャンバー内の外周に複数本配置され、前記ストリップラインへの前記電磁波の給電点を、前記アンテナ上の前記電磁波の電圧および電流分布の節となる位置以外の位置とし、さらに前記給電点に前記真空チャンバー中央部から放射状かつ前記被加工試料の加工面と平行で前記アース電位の平板に近接して配置された電磁波を導入する導体線路を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 33】請求項 32 記載のプラズマ処理装置において前記アンテナそれぞれに、位相の異なる電磁波を供給することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 34】請求項 25 ないし 29 記載のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置において、前記ストリップラインで構成されるアンテナは、前記アンテナへの前記電磁波の給電点を交点として放射状に 3 本以上の奇数本配置され、前記給電点を前記アンテナ上の電磁波の電圧および電流分布の節となる位置以外の位置に配置することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 35】請求項 25 ないし 34 のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置において、前記ストリップラインが石英ガラスで被覆されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 36】請求項 25 ないし 35 のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置において、前記ストリップラインの長さが前記ストリップラインが設置される媒質中で電磁波の  $1/4$  波長の整数倍の  $\pm 20\%$  の範囲であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 37】請求項 25 ないし 35 のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置において、前記ストリップラインへの給電点の近くで、前記ストリップラインと前記被加工試料設置手段との間に円盤状導体が設置されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 38】請求項 25 ないし 35 のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置において、前記ストリップラインを石英窓を介し前記真空チャンバーと接続することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 39】請求項 38 記載のプラズマ処理装置にお

いて、前記石英窓のプラズマ側に、ストリップラインで構成されるアンテナの幅に対し100%から500%の幅の開口部を有すアース電位導体を前記開口部が前記ストリップラインに沿うように設置し、前記アース電位の平板と前記開口部を有すアース電位導体の中間にストリップラインを配置してマイクロ波供給部を構成することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項40】請求項25記載のアース電位の平板又は請求項36記載の開口部を有すアース電位導体又は請求項37記載の円盤状導体をプラズマのアース電極とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項41】請求項25ないし40記載のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置において、前記加工試料設置手段が高周波電界印加手段と温度制御手段とを持つことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項42】請求項25ないし41記載のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置において、プラズマ形成のため前記ストリップラインに供給する電磁波の周波数が400MHzから2.5GHzの間であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体装置の製造装置、特に、気相中の原料ガスをプラズマ化し、活性化した粒子の物理または化学反応により半導体材料の表面を処理するドライエッチング工程に用いられるプラズマ表面処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の半導体装置の製造行程で用いられるプラズマ利用の装置として、例えば、エッチングについては日立評論、76, No.7, (1994), 55~58頁で記されている有磁場マイクロ波エッチング装置が用いられてきた。有磁場マイクロ波エッチング装置は空心コイルで発生させた磁場と立体回路を介して真空容器内に導入されるマイクロ波領域の電磁波で気体をプラズマ化している。この従来装置は低ガス圧で高いプラズマ密度が得られることから高精度かつ高速で試料の加工を行うことができる。さらに、例えば、アプライドフィジックスレター (Appl. Phys. Lett.), 62, No. 13 (1993), 1469~1471頁に永久磁石による局所磁場を用いる有磁場マイクロ波エッチング装置が報告されている。この装置では磁場を永久磁石により形成するため装置コスト及び消費電力とも上記従来装置に比べ格段に低くすることができる。また、特開平3-122294号に、100MHzから1GHzの高周波によりプラズマを生成し、ミラー磁場を用いて効率よくエッチングすることが開示されている。さらに、特開平6-224155号には、楕円のアンテナから100から500MHzの高周波をかけてプラズマを生成し、大口径化チャンバ内で均一なプラズマを形成することが記載されている。

【0003】また、特にシリコン酸化膜加工用として狭電極平行平板型（以下「狭電極型」という）の装置が実用化されている。狭電極型は1cmから2cm間隔の平行平板に十数から数十メガヘルツの高周波を印加し、プラズマを形成している。狭電極型装置は原料ガス圧力が数十m Torr領域で用いられる。狭電極型は比較適安定な酸化膜エッチング特性が長期にわたって得られる特徴を持つ。

【0004】また、特開平7-307200号には、導入波長の1/4長を有する放射状のアンテナから300MHz程度の高周波をかけることが記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記永久磁石による局所磁場を用いる有磁場マイクロ波エッチング装置では小型永久磁石による複数個使用しているため、磁場領域プラズマが主に生成されている領域でのプラズマの均一性が悪く、被加工試料をプラズマ生成領域から離れた位置に設置し、拡散によりプラズマを均一化して使用する。このため被加工試料位置では十分なプラズマ密度が得られず十分な加工速度が得られないという問題がある。

【0006】また、特開平3-122294号や特開平6-224155号のようなECR型の装置では、有磁場マイクロ波プラズマ源は試料に対面する位置から電磁波を導入するため、試料対面位置は絶縁体しか敷設できない。これにより、被加工試料に高周波バイアスを印加する場合等に必要なアース電極を、理想的な位置である被加工試料と対面する位置に設置できず、バイアスの不均一が生じるという問題もあった。

【0007】さらに、狭電極型は比較的使用ガス圧力が高いため、特に0.2ミクロンレベル以下ではプラズマ中の活性種の指向性が不均一になり、微細加工性が悪く、またプラズマ密度が低いためエッチング速度が低い点に問題がある。一方で、ECR型や誘導結合型等いわゆる高密度プラズマ源を用いた装置は原料ガスの解離が進みすぎ、気相またはウエハ表面での化学反応が制御しにくく、安定なエッチング特性が得られにくい問題を有する。特に、シリコン酸化膜のエッチングでは、エッチングとデポジションを競合させることで選択比を得るプロセスなため、反応の制御性が悪いと選択比や深い孔の加工（高アスペクト加工）性能に重大な影響を与える。

【0008】また、特開平6-224155号記載のような楕円のアンテナや特開平7-307200号記載のような放射状のアンテナでは、アンテナを利用しない場合に比べればプラズマの均一性は上がるが、それでも高い均一性を得ることはできない。

【0009】本発明の目的は、消費電力が少なく、被加工試料の加工面積が広い場合にも高均一な有磁場マイクロ波プラズマを発生させ、かつ微細加工性に優れ、高選択比、高アスペクト加工が可能で、高速度の加工処理が

行えるプラズマ処理装置を提供することにある。

【0010】本発明の他の目的は、ECR型の装置において、被加工試料に対面する位置にアース電極を設置することができ、高周波バイアスの均一化が容易にできるプラズマ処理装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的は、電磁波を電源から平面状の導体板へ供給し、その導体板からプラズマを形成するための電磁波を放射することにより達成される。平面から電磁波を供給することにより、ウエハー方向に電磁波を均一に供給できるため、プラズマの高均一性が得られることとなる。

【0012】さらに、周波数が300MHzから1GHzのUHF帯の電磁波を供給する場合には、300MHzから1GHzの電磁波は、波長が30cmから80cmであるため、8インチから16インチ程度の大口径プラズマ処理装置の真空容器径と同程度であり、大口径のウエハーを処理するのに適している。

【0013】また、エッチングガスのガス圧を0.11から3Paの範囲にした場合には、エッチングに寄与する活性種の指向性が整うと共にエッチング速度が大きくなり、微細加工性に特に優れた効果がある。ガス圧を小さくし過ぎた場合は、プラズマ密度が小さくなり所望のエッチング速度が得られない一方で、ガス圧を大きくし過ぎた場合は、指向性が揃わなくなってしまう。

【0014】さらに、導体板とエッチングガスとを反応させてエッチングに必要とされる活性種を形成するように、導体板の材料とエッチングガスを選ぶことにより、効率的に所望の活性種を得ることができ、反応を制御し易くなる。特に、この導電板に、UHF帯の周波数の電界とそのUHF帯の周波数とは異なる周波数の電界を重畳して供給すると、導電板にかかるバイアスが大きくなり、導電板と反応ガスとの反応性が高くなり、エッチング反応に寄与する所望の活性種を、より多く生成することが可能となる。

【0015】また、上記第2の目的は、反応容器内の試料と対面する位置に、電磁波放射アンテナと誘電体とアース電位導体からなる電極を設けることで達成される。このように、アース電位を試料と対面する位置に設けることができるので、ウエハーに均一にバイアスがかかることになり、結果的にウエハーの中心部と端部でのエッチング速度を均一化することができる。なお、上記のような構造とすればアンテナ形状を必ずしも平面状とする必要はなく、従来の放射状や櫛状のアンテナでも良い。

【0016】

【発明の実施の形態】

（実施例1）本実施例では、UHF帯の電磁波と磁場との相乗作用により気相中に導入した原料ガスをプラズマ化し、さらに被加工試料と対面する位置に導体板を設置し、導体板上でのプラズマとの反応により被加工試料表

面に作用する活性粒子が制御できる構造とした。この導体板にさらに高周波電界を印加して前記の反応を効率よく行なわせる機能も付加可能である。この導体板はUHF帯電磁波の放射機能と被加工試料に印加する高周波電界の対向電極としての機能を合わせ持つ。

【0017】この装置を図1に示す。図1の実施例では真空容器101の周囲に空心コイル102が配置されている。真空容器101中には同軸線路103により500MHzの電磁波がUHF帯電源104により供給されている。図2にUHF帯電磁波の供給部詳細図を示す。真空中に導入された電磁波はアース電位の導体板105に石英からなる誘電体106を介し近接したグラファイト製の円形導体板107に供給されている。円形導体板107の直径は円形導体板上で電磁波の共振モードが得られる径としている。本実施例ではTM11モードの励振が可能な直径約15cmの円形導体板107を用いた。なお、TM11モードとは、電磁波の伝搬形態で、本実施例では円形導体板とアース電位導体間で形成される電磁波の最も低次の定在波分布で、基本モードとなるものである。円形導体板107上へのUHF帯電磁波の給電は、図2に示すように中心をさけるように施されている。円形導体板107の中心位置でUHF帯電磁波の給電を行うと円形導体板上での電磁波電圧の定在波の節がその位置に相当するため効率よく電磁波を空間に放射できない。よって、図2に示す本実施例の構成では偏心した位置にUHF帯電磁波を給電し、高い電磁波放射効率を得られるようになっている。図1に示すようにUHF帯電源104の出力は100メガヘルツ以上通過させる高域通過フィルタ108と20メガヘルツ以下を通過させる低域通過フィルタ109が接続されている。低域通過フィルタ109の一端はアースまたは300キロヘルツの高周波電源116に接続されている。また被加工試料110が設置される試料台111には800キロヘルツの高周波電源112が接続されている。また試料台111には温度制御手段113が設置され被加工試料110が常に一定の温度になるよう設定されている。本実施例では被加工試料110の温度が常に摂氏60度程度になるよう設定されている。電磁波を放射する円形導体板107の温度もアース電位の導体板105に設置された温度制御手段114により制御されている。円形導体板107の円周部には酸化アルミニウム（アルミナ）で形成されたリング115で覆われている。円形導体板107の円周部はUHF帯電磁波の電界が最も強く分布する位置であり、このリング115により円形導体板107の円周部での局所的なプラズマ形成を防止し均一なプラズマ形成が可能となる。本実施例ではリング115の材質をアルミナとしたが、前記リング115は電磁波を透過できる材質であり、かつ半導体素子の加工の際に問題となる不純物を発生する度合が少なければよいので、他に石英、窒化シリコン、窒化ボロン、ステアタ

イト、ジルコニアを用いても同様の効果がある。真空容器101中には原料ガス導入手段116により原料ガスが導入されている。本実施例では原料ガスに $C_4F_8$ とアルゴンを混合した原料ガスを用い、真空容器101中に5から15mTorr導入した。以上の基本構成により、本実施例ではシリコン酸化膜のエッチングを行う。

【0018】次に図1の実施例の動作を説明する。プラズマを形成するための電磁波はUHF帯電源104より同軸線路103を介しグラファイト製の円形導体板107に供給される。円形導体板107はアース電位の導体板105に誘電体106を介して形成することでマイクロストリップ線路共振器を構成する。円形導体板107の共振器構造により円形導体板面に高周波の電流が高効率に流れ、プラズマ側の空間に電磁波を放射する。このようにして円形導体板107から放射された電磁波と空心コイル102による磁場との相互作用により原料ガスがプラズマ化される。この時真空容器101内の磁場を500メガヘルツの電磁波に対し、電子サイクロトロン共鳴の条件をたす大きさ(100から250ガウス)に設定することで、高効率にプラズマを形成することが可能となる。

【0019】図3に示すようにUHF帯の電磁波により電子サイクロトロン共鳴現象を用いてプラズマを形成すると、従来電子サイクロトロン共鳴型プラズマで用いられていた2.45ギガヘルツのマイクロ波帯に比べ電子密度を高くでき、かつ電子温度が低い状態を実現できる。プラズマ中の原料ガスの解離は電子温度に依存するため、低解離なプラズマを形成することができる。また、プラズマの形成機構は電子サイクロトロン共鳴を用いているので、従来のマイクロ波帯を用いた電子サイクロトロン共鳴型と同様、低ガス圧で高密度なプラズマ形成が可能となる。これにより従来高密度プラズマ源で問題となっていた高解離によるエッチング反応の制御性劣化という問題が解決できる。

【0020】次に、電磁波周波数に対するECRプラズマにおけるプラズマ生成効率について記す。プラズマの生成効率は電子及びイオンの荷電粒子の生成速度と損失速度のバランスにより決まる。まず、荷電粒子の生成速度について記す。ガス圧力1～数10mTorrにおけるECRプラズマのプラズマ加熱機構はECR現象によるものと電子の衝突加熱機構による2種類が主となる。ECRによる加熱効率はECR領域の大きさで決まり、大きい程高い加熱効率を得られる。ECR領域の大きさは磁場勾配の大きさと電磁波周波数にほぼ反比例する。よってECR現象による加熱効率は電磁波周波数が低い方が高い傾向となる。また、電子の衝突加熱機構による加熱効率は、電磁波の振動電界に対する電子の追従性に依存する。従来のECRで用いられうマイクロ波領域(例えば2.45GHz)は電子の慣性により電磁波電界の振動に電子が十分追従できず加熱効率としては低く

なる。よって衝突加熱による加熱効率も周波数が低い方が高い効率を得られる。しかし、電磁波周波数が低すぎる場合には気相内粒子や真空容器壁等との電子の衝突によるエネルギー損失が大きくなり、加熱効率が低くなるので衝突加熱による効率は本発明でのUHF帯が最も効率的である。次に、荷電粒子の損失速度について記す。電磁波周波数が低い場合にはECRに必要な磁場が少なくてすむ。しかし磁場はプラズマを空間に閉じ込め、損失を低下させる働きを持つことから低い磁場では損失速度が早まり、プラズマの生成効率を下げる要因となる。よって、電磁波周波数が低い場合生成速度が早まり、プラズマ生成効率に有効(但し、衝突加熱機構においては低すぎると逆効果となる)と記したが、荷電粒子の損失速度も早まるため総合的に考えるとプラズマ生成効率は低くなってしまう。この現象をECRプラズマ生成効率と電磁波周波数の関係としてまとめたものが図16である。電磁波周波数が低い場合には、衝突加熱機構における電子のエネルギー損失の増大と磁場強度が小さいことによるプラズマの閉じ込め効果の減少でプラズマ生成効率が低くなり、電磁波周波数が高い場合には、ECR領域の減少と電子の電磁波電界振動に対する追従性の低下からプラズマ生成効率が低下する。よって、低ガス圧力でも良好なプラズマ形成が可能なECR方式においては図16に示すように、300から1000MHzのUHF帯が最も高いプラズマ生成効率有する。UHF帯では高いプラズマ生成効率を得られるだけでなく、従来のマイクロ波帯より必要な磁場強度が低くてすむため、従来大電力を必要としていた磁場形成を大幅に省力化が達成出来る。またプラズマ生成効率が高いということは、低い電子温度で高いプラズマ密度が維持できることを示しており原料ガスの解離を抑制したプラズマ形成が可能となる。

【0021】次に反応制御法について説明する。先の説明より、UHF帯の電磁波では電子サイクロトロン共鳴プラズマを形成することで低解離なプラズマが実現できた。しかし低解離性だけではシリコン酸化膜エッチングに理想的な反応種制御は困難である。例えばフロン系ガス(本実施例では $C_4F_8$ )を用いてプラズマを形成する場合、シリコン酸化膜エッチングに有用な反応種は $CF$ 、 $CF_2$ である。低解離なプラズマによりこれら反応種を相対的に多く形成できたとしても、フッ素原子が多量に生成されてしまう。フッ素原子はシリコン酸化膜エッチング時の対シリコン、レジスト、窒化膜に対する選択比低下の主要因であり、エッチング条件としてはあまり好ましくない粒子である。そこで本発明では電磁波放射を行う円形導体板107をグラファイトで形成し、グラファイト表面とフッ素原子を反応させる構造とした。グラファイト表面でフッ素を反応させることにより、有害なフッ素原子量をへらし、有効な $CF$ 、 $CF_2$ を生成して被加工試料のエッチングに反映させることができ

る。特に被加工試料110に対面する円形導体板107をグラファイトとしていることにより、最も効果的にグラファイト表面の反応を被加工試料110上に反映することができる。空心コイル102による磁場を調整することにより、被加工試料110と円形導体板107間に電子サイクロトロン共鳴磁場を形成することで被加工試料110と円形導体板107が近接した状態（円形導体板107表面の反応を高効率に被加工試料表面の反応に反映できる状態）でも均一なプラズマ形成が可能である。本実施例では被加工試料110と円形導体板107間距離を2cmから30cmの間で可変可能な構造とし、プラズマの均一性と円形導体板107表面での反応の被加工試料表面への反映効率の両方を両立可能な位置へ調整できる構造となっている。電磁波を放射する円形導体板107の温度はアース電位の導体板105に設置された温度制御手段114により制御され、常に一定な温度に保たれている。これにより円形導体板107上での反応の安定化をはかっている。また、本実施例では円形導体板107が低域通過フィルタ109を介しアースに接続されている。これにより試料台111に印加する800キロヘルツの高周波に対しては円形導体板107がアース電極として作用し、被加工試料に印加するバイアスの均一化も可能となる。本実施例では円形導体板107をグラファイトとしたがシリコンを用いてもフッ素の消費効果があるため同様な反応制御機能がある。本実施例ではシリコン酸化膜をエッチングするために $C_4F_8$ をベースに酸素を混合した原料ガスを用いたが、その他として主ガスに $CF_4$ 、 $C_2F_6$ 、 $CHF_3$ 、 $CH_2F_2$ 、 $CH_3F$ を用いても同様な効果があることは言うまでもない。また添加ガスとしても酸素の他に水素、CO、希ガスを用いても同様で有効な効果がある。

【0022】本実施例では、UHF帯の電磁波に500MHzの電磁波を用いたが、300MHzから1GHzの電磁波を用いても図3に示すのと同様の効果がある。また300MHzから1GHzの電磁波は波長が約30cmから80cmで、8インチ以上特に12インチウエハ以上の大口径プラズマ処理装置の真空容器径と同程度であり、真空容器内にプラズマの不安定性や不均一性を伴う高次モードの定在波を発生しにくく、またプラズマ形成に必要な磁場強度も従来のマイクロ波を用いる場合に比べ小さくてすむ。よって、周波数範囲のUHF帯電磁波でプラズマ形成を行うと、大口径ウエハの加工に適したプラズマ処理装置が低コストで実現できる。よって、本発明におけるプラズマ形成に用いるUHF帯電磁波の周波数範囲を300MHzから1GHzとする。

【0023】本実施例では被加工試料に印加する高周波電界を800kHzとしたが、100kHzから20MHzの高周波電界印加でも同様の効果がある。

【0024】本実施例では円形導体板107を設置する誘電体106を石英としたが、他に酸化アルミニウム

ム、窒化シリコン、窒化ボロン、シリコンカーバイド、ジルコニア、パイレックスガラス、テフロンを用いても同様の効果がある。

【0025】本実施例ではシリコン酸化膜のエッチングを行う場合について述べたが、円形導体板107をシリコン、グラファイト、アルミ、ステンレスのいずれか1種類とし、さらに原料ガスに塩素系ガスを用いることでアルミ、シリコン、タングステンのエッチングに応用できる。

【0026】本実施例では、試料に対面する位置に配置された円形導体板107上での反応により活性粒子種制御を行ったが、プラズマが接する50パーセント以上の真空容器壁を同様な材質で形成することでも同様な活性粒子種制御が可能である。この時、壁に高周波電界印加手段および温度制御手段を設置することで、高精度な活性粒子種制御が可能となる。壁に印加する高周波電界は被加工試料に印加する高周波電界と同様な100キロヘルツから20メガヘルツの範囲が効率よくイオンを加速し反応を促進できる。しかし、被加工試料に印加する高周波電界とは周波数を2倍以上はなしないと、フィルタの設計が困難で互いの電源に影響を与えてしまう。よって、例えば、被加工試料に印加する高周波電界を800キロヘルツとし、壁に印加する高周波電界を300キロヘルツとすると良い。これは前記円形導体板107にUHF帯電磁波と同時に印加する高周波電源116においても同様であり、高周波電源116の周波数も100キロヘルツから20メガヘルツで、かつ被加工試料に印加する高周波電界の周波数に対し2倍以上はなすことが必要である。

【0027】本実施例において円形導体板107に図4に示すようなスリット120を形成し、スリットから放射される電磁波を用いてプラズマを形成する構成としても同様の効果があり、さらにスリットの大きさあるいは数を最適化することによりより均一なプラズマ形成を実現することが可能となる。

【0028】（実施例2）実施例2のプラズマ処理装置を図5に示す。図5では、図1の実施例での電磁波放射アンテナとなる円形導体板への電磁波供給を工夫し、円形導体板から放射する電磁波をプラズマの形成に効率的な円偏波とすることを特徴とした実施例である。大まかな構成は図1の実施例と同様なため、異なる電磁波供給部についてのみ説明を記す。

【0029】真空容器201中には同軸線路202により500MHzの電磁波がUHF帯電源205により供給されている。真空中に導入された電磁波はアース電位の導体板206に石英からなる誘電体207を介して形成したグラファイト製の円形導体板208に供給されている。円形導体板208への電磁波供給は図6に示すように同軸線路202からの電磁波を2系統に分割し、かつ一方を4分の1波長長い線路とし、円形導体板208



の2点に供給している(詳細は図6)。2本に分割した電磁波の電送路203の長さを4分の1波長ずらすことで円形導体板208に給電する電磁波の位相を90度づらすことができる。90度位相のずれた電磁波は円形導体板状で合成され回転電場を形成し、円偏波となって円形導体板208から空間に放射される。図1の実施例同様に円形導体板208の直径は円形導体板上で電磁波の共振モードが得られる径としている。本実施例では図1の実施例と同じくTM11モードの励振が可能な直径約15cmの円形導体板を用いた。

【0030】その他本実施例の動作および詳細に関しては図1の実施例と同様である。

【0031】(実施例3)図7に本発明の実施例3を示す。本実施例は主にプラズマを形成するためのUHF帯電磁波の放射方法が先の図1の実施例と異なる。図7の実施例では、図1の実施例と同様に真空容器301の周囲に空心コイル302が配置されている。真空容器301中には同軸線路303により500MHzの電磁波がUHF帯電源304により供給されている。真空中に導入された電磁波はアース電位の導体板305に石英からなる誘電体306を介し形成されたマイクロストリップ線路307により円周状に配置された電磁波放射アンテナ308に供給されている。またアース電位のグラファイト製円形導体板309が中央部に設置される。図8に電磁波放射アンテナ308の詳細を示す。同軸線路303の外導体はアース電位の導体板305に接続され、芯線は4分割され円周状に配置された各電磁波放射アンテナ308に接続される。電磁波放射アンテナ長は1/2波長(誘電体306内での波長)の整数倍で作られる。本実施例では1/2波長の長さである約15cmのものを用いた。同軸線路303から各電磁波放射アンテナ308に接続する線路はそれぞれ1/4波長ずつ線路長をかえて接続される。これにより各電磁波放射アンテナ308への電磁波供給が90度づつ位相をずらせて供給でき、各電磁波放射アンテナ308からの反射電磁波が給電点309で相殺される。また各電磁波放射アンテナ308から放射される電磁波の合成電界が回転電界場となり、磁場との相互作用によるプラズマ形成効率が高まる。

【0032】本実施例ではグラファイト製円形導体板309が図1の実施例での反応制御機能および被加工試料310へ印加する高周波電界のアース電極として作用する。反応制御法およびアース電極としての機構は先の図1の実施例と同様である。しかし、本実施例でのグラファイト製円形導体板309は電磁波放射を行う必要が無いため、温度の制御機能およびガス供給機構等を前記円形導体板に直接作り込むことが容易で、前記円形導体板上での反応安定性が向上する利点をもつ。また、図1の実施例同様、グラファイト製円形導体板309をシリコンで形成しても同様な反応制御が可能である。さらに、

図1の実施例同様、グラファイト製円形導体板309に100キロヘルツから20メガヘルツの高周波電界を印加し、そのバイアスにより表面上での反応量および反応機構を制御することも可能である。

【0033】本実施例では試料に対面する位置に配置されたグラファイト製円形導体板309上での反応により活性粒子種制御を行ったが、プラズマが接する50パーセント以上の真空容器壁を同様な材質で形成することでも同様な活性粒子種制御が可能である。この時前記壁にバイアス印加手段および温度制御手段を設置することで高精度な活性粒子種制御が可能となる。

【0034】なお、ストリップラインとはアース電位の導体板上に誘電体膜、その上に導体線路が形成されたものであり、電力を輸送するものである。また、電磁波はこの導体線路に供給される。

【0035】(実施例4)図9に本発明の実施例4のプラズマ処理装置を示す。本実施例は、磁場形成に永久磁石を用いる等の点で実施例1と異なる。円筒状の真空容器401の外側上部に直径30cm、厚み10cmで中心部の表面磁束密度1000Gussの永久磁石402が設置される。永久磁石402は、円筒状の真空容器の軸方向である上下方向に移動可能であり、永久磁石402の位置を変えることで真空容器401内の磁場分布が制御できる構造となっている。永久磁石402の中央部には直径約4cmの孔があり、その孔を介し同軸線路403により500MHzの電磁波が真空容器401内に導入される。真空容器401の外部側周辺には空心コイル404が設置されており、空心コイル404による磁場により、永久磁石402で形成される磁場分布を制御できる構造になっている。真空容器401内に導入された同軸ケーブル403は、同軸線路403の外導体が平板状アース電極405に接続され、同軸線路403の芯線が平板状アース電極405に近くかつ並行に配置された放射状ストリップライン406の中央部(給電点)412に接続されている。同軸線路403の他端には図示しない電磁波波発振器から導波管414及び同軸変換器413を介して電磁波電力が供給される。

【0036】図10は図9における放射状ストリップライン部の拡大図を示し、(a)及び(b)はそれぞれ側断面図及び紙面下部から見た平面図を示す。図10に示すように本実施例では4つのストリップラインが中心点(給電点)412から等角度で放射状に配置されている。放射状ストリップライン406は全体が石英ガラス407で被覆されている。

【0037】図9に戻り、真空容器401内には、試料台409が設けられ、試料台409には試料温度制御機構410及び高周波バイアス印加手段411が設置されている。また、(直径20cm)の被加工試料408は試料台409上に載置される。同軸ケーブル403で供給されたマイクロ波は放射状ストリップライン406と

平板状アース電極 405 間を伝播しながら被加工試料 408 方向に電磁波を放射する。これにより真空容器 401 内の広い範囲にわたり均一な電磁波放射が可能となり高均一なプラズマ形成が実現できる。

【0038】次に図 9 の装置の動作を説明する。永久磁石 402 と空心コイル 404 により真空容器 401 内の被加工試料 408 の上部付近に電子サイクロトロン共鳴磁場（用いられる電磁波が 500 MHz なので約 178 Gauss）が形成される。上記磁場は主に永久磁石 402 で形成され空心コイル 404 による磁場は急激に発散しようとする永久磁石 402 の磁束を集束させる補助的な役割を持つ。従って、空心コイル 404 を流れる電流は少なくともよい。同軸ケーブル 403 を介し放射状ストリップライン 406 の中央部 412 に供給された電磁波は各放射状ストリップラインの素子に沿って電磁波を空間に放射しながら伝播する。このとき放射状ストリップライン 406 の各素子の長さは、使用する電磁波の半波長の整数倍±20%の長さとする事で効率よく電磁波の伝播と放射が実現できる。放射状ストリップライン 406 により放射されたマイクロ波と前記磁場との相互作用により真空容器 401 内に導入された原料ガスをプラズマ化する。

【0039】電磁波の放射が放射状ストリップライン 406 により行われるため、ストリップライン 406 の長さにより大口径な真空容器に対しても均一な電磁波放射ができ、大口径高均一プラズマが実現できる。本実施例によりプラズマを形成する場合、主磁場は永久磁石で形成されるため、従来装置で問題となる電磁石による消費電力が低減できる。また、プラズマの生成も大口径永久磁石を用いているため、被加工試料位置に近い所で電子サイクロトロン共鳴を起こさせることができ、さらに電磁波導入部から電子サイクロトロン共鳴位置までの範囲でマイクロ波電力を吸収させるため十分なイオン及びラジカル密度を実現することができる。被加工試料 408 は高周波バイアス印加手段 411 により高周波バイアスを印加することでプラズマ中からイオン加速して被加工試料 408 に入射させることができる。ここでプラズマは被加工試料と対面する位置に設置される平板状アース電極 405 に接するため、従来装置で問題となる高周波バイアスの被加工試料面内での不均一が解消でき、高均一なプラズマ処理が可能となる。

【0040】（実施例 5）図 11 に本発明の実施例 5 の構成を示す。図 11 は、プラズマ処理装置の側断面図及び紙面下側部から見たマイクロ波放射部の平面図を示す。但し、図 11 では被加工試料への高周波電界印加機構および冷却機構を簡単化のため省略している。本実施例は、実施例 4 に対し放射状ストリップライン 506 の給電点 512 の近くで、被加工試料 508 側に円盤状電極 515 を設置し、電磁波の中央集中を防止し、プラズマの均一性を向上させたものである。一般に、形成され

るプラズマは壁での消滅の為、真空容器 501 の径方向に対して周辺部が低密度で中央部が高密度となる傾向にある。このため中央部からの電磁波放射を円盤状電極 515 で抑制することによりプラズマの均一化を実現している。さらに、この円盤状電極 515 をアース電極とすることにより図 1 から図 10 の実施例と同様に被加工試料に印加する高周波電界のアース電極として作用し、さらに円盤状電極 515 を図 1 から図 10 記載の実施例同様グラファイト等の材料で形成することで反応制御機能をもたせることが可能となる。

【0041】（実施例 6）図 12 に本発明による実施例 6 を示す。本実施例は実施例 4 に対し、放射状ストリップライン 606、アース電極 605 等の電磁波照射部を真空容器外に設置し、石英窓 607 を介し真空容器 601 と接続したものである。本実施例は図 1 の実施例に比べ、特に真空隔壁部を電磁波供給部（同軸ケーブル）603 が通過しないため、真空容器 601 の製作が容易となる。

【0042】しかし、本実施例では試料 608 に対面する位置にアース電極を設置できない不利な点を持つ。また本実施例は図 9 の実施例 4 のみでなく図 1 の実施例 1、図 5 の実施例 2、図 7 の実施例 3 の構成において電磁波放射部を石英窓で仕切ることにより同様に実現できる。

【0043】（実施例 7）図 13 に本発明の実施例 7 を示す。本実施例は実施例 6 の不利な欠点を克服するものである。石英窓 707 より真空容器 701 側に放射状ストリップライン 706 にそって、放射状ストリップライン 706 の幅の 200%の幅で開口したアース電位導体 715 を設置した構造である。電磁波は真空容器 701 側に設置したアース電位導体 715 の開口部 716 より放射される。これにより被加工試料に印加する高周波電界のアース電極が被加工試料の対面位置に実現できる。アース電位導体 715 をグラファイト等の材質で形成することにより前記の実施例同様の反応制御が可能となる。本実施例では真空容器 701 側に設置されるアース電位導体 715 の開口部 716 の幅を放射状ストリップライン 706 の幅の 200%としたが、100%から 500%の範囲の開口部幅でも同様の効果があることは言うまでもない。

【0044】（実施例 8）図 14 に本発明の実施例 8 を示す。図 14 は、装置の側面断面図及びアンテナ部の平面図（アンテナ部を下側から見た図）である。本実施例は実施例 4 の応用例であり、放射状に配置した各アンテナからの電磁波放射効率を高めることを目的としている。本実施例では、アース電位導電板 805 に 3 本の直線状アンテナ 806 をストリップラインにより構成した。なお、本実施例ではアンテナを 3 本としたが、3 本以上の奇数本でもよい。複数本の直線状のアンテナを交差させる場合、アンテナの中央部以外を交点とすると、

奇数本でなければ均等に電磁波を供給できない。この直線状アンテナ 806 は、石英ガラス 807 で被覆されている。各アンテナ上における電磁波の電流、電圧分布の節となる位置からはずれた点を交点とし、前記交点を電磁波の給電位置 812 としている。この給電位置により各アンテナとアンテナに供給する線路間での電磁波の電送効率が高くでき、効率の良い電磁波供給が可能となる。

【0045】（実施例 9）図 15 に本発明におけるプラズマ処理装置において集積回路の加工実施例を示す。図 15（a）は、シリコン酸化膜エッチングにおけるセルフアラインコンタクト加工の工程図であり、シリコン基板 904 上にポリシリコン電極 905、窒化シリコン 903 を形成し、さらに絶縁膜であるシリコン酸化膜 902 を、レジストマスク 901 を用いて加工した例である。また、図 15（b）は、コンタクト加工の工程図であり、シリコン基板 904 上にメモリセル 905 を形成し、さらに絶縁膜であるシリコン酸化膜 902 を、レジストマスク 901 を用いて加工した例である。（a）

（b）とも 0.3 ミクロンメートル以下の寸法で高アスペクトの構造を高い加工速度と加工選択性が必要である。選択性とは、加工対照であるシリコン酸化膜に対し（a）では窒化シリコンまたはシリコン、（b）ではシリコンを加工しない割合を示す指標である。従来のプラズマ処理装置では高い加工速度を得るためにプラズマ密度を高くすると、原料ガスの解離が進みすぎ高い加工選択性を得ることが困難であった。しかし、本発明では高いプラズマ密度においても電子温度が低いため、解離が抑制され、さらに壁または電磁波導入アンテナあるいは被加工試料に対面する位置に配置されるアース電極に高周波電界を印加し、各部表面での反応によりラジカル制御機能を付加したことで高い加工速度と選択性が両立することが可能となる。

【0046】以上本発明の実施例について説明したが本発明は上記実施例に限定されるものではない。例えば、実施例では永久磁石中央部での表面磁束密度が 1000 Gauss のものを用いたが、200 から 5000 Gauss の範囲で用いる永久磁石を選び、前記の永久磁石の径と合わせて必要な磁場分布を調節できる。

【0047】実施例 4 から実施例 8 では、永久磁石は直径 30 cm、厚み 10 cm のものを用いたが、被加工試料径と同等又は被加工試料径の 70% から 150% の径と、被加工試料径の 10% から 100% の厚みのある磁石を用いることで効果的な磁場分布を形成できる。特に永久磁石の口径が試料径より大きく、さらに厚みも上記口径に近いほど理想的な磁場分布が形成できる。また単一の永久磁石でなく小型磁石を複数個密にならべ等価的に上下方向で磁化した大口径永久磁石を形成しても同様である。小型磁石を複数個近接して配置し等価的に上下方向で磁化した大口径永久磁石を形成する場合は個々の

小型磁石を上下方向に移動可能な構造とすることで、磁場の面内分布を調節可能となる。

【0048】実施例 3 から実施例 7 では放射状ストリップラインが 4 素子の場合を示したが、3 から 20 までの素子数で対象かつ放射状にストリップラインを形成しても同様の効果があることは言うまでもない。また同様に実施例 8 では放射状ストリップラインが 3 素子の場合を示したが奇数本であれば同様な構成が可能である。

【0049】実施の形態 1 から実施形態 8 は磁場の形成に空心コイル、空心コイルと永久磁石の組み合わせの場合のみ記したが、いずれの実施例においても空心コイルのみ、空心コイルと永久磁石の組み合わせ、永久磁石のみのいずれかの構成で実現可能である。

【0050】実施例 5 から実施例 8 ではストリップラインを放射状に配置したが、直線状ストリップラインを並行に複数本配置し、各ストリップラインに給電しても同様の効果がある。

【0051】

【発明の効果】電子サイクロトロン共鳴型プラズマ発生装置における電磁石での消費電力が大幅に低減され、かつ高密度のイオンやラジカルを試料に供給することができ、また、被加工試料に対面する位置にアース電極を設置することができ、高周波バイアスの均一化を達成できる。

【0052】さらに、UHF 帯の電磁波による電子サイクロトロン共鳴でプラズマを形成することにより、低ガス圧高密度なプラズマでも低解離な気相状態が実現でき、電磁波放射用の平板状の電極表面での反応で被加工試料に入射する活性粒子種が制御可能となる。これにより 0.2 マイクロメートルレベル以下の超精密加工を高スループット、高選択比、高アスペクト加工といった要求を同時に満足し、かつ長期にわたって安定なエッチング特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例 1 を示す図。

【図 2】実施例 1 における電磁波放射部の説明図。

【図 3】UHF 帯電磁波と従来マイクロ波による電子サイクロトロン共鳴プラズマの特性図。

【図 4】実施例 1 における円形導体板にスリットを形成した場合の説明図。

【図 5】本発明の実施例 2 を示す図。

【図 6】実施例 2 における電磁波放射部の説明図。

【図 7】本発明の実施例 3 を示す図。

【図 8】実施例 3 における電磁波放射部の説明図。

【図 9】本発明の実施例 4 を示す図。

【図 10】実施例 4 における電磁波放射部の説明図。

【図 11】本発明の実施例 5 を示す図。

【図 12】本発明の実施例 6 を示す図。

【図 13】本発明の実施例 7 を示す図。

【図 14】本発明の実施例 8 を示す図。

【図15】本発明の実施例9を示す図。

【図16】電磁波周波数とプラズマの生成効率との関係を示す図。

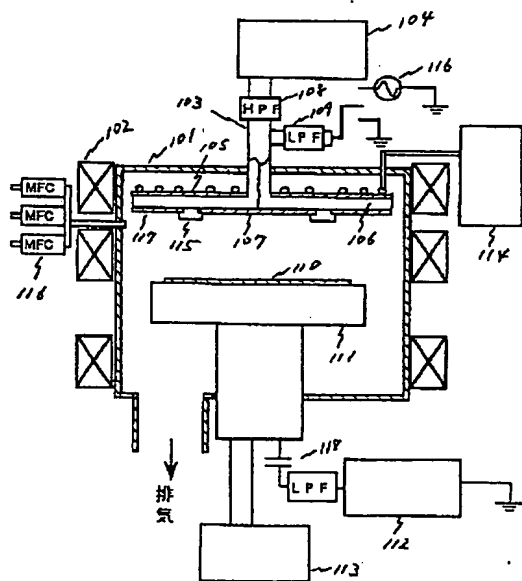
【符号の説明】

101…真空容器、102…空心コイル、103…同軸線路、104…UHF帯電源、105…アース電位の導体板、106…誘電体、107…円形導体板、108…高域通過フィルタ、109…低域通過フィルタ、110…被加工試料、111…試料台、112…高周波電源、113…温度制御手段、114…温度制御手段、115…リング、116…ガス導入手段、117…アース板、118…コンデンサ、119…給電点、120…スリット、201…真空容器、202…同軸線路、203…電送路、204…給電点、205…UHF帯電源、206…アース電位の導体板、207…誘電体、208…円形導体板、301…真空容器、302…空心コイル、303…同軸線路、304…UHF帯電源、305…アース電位の導体板、306…誘電体、307…マイクロストリップ線路、308…電磁波放射アンテナ、309…円形導体板、401…真空容器、402…永久磁石、403…同軸線路、404…空心コイル、405…平板状アース電極、406…放射状ストリップライン、407…石英ガラス、408…被加工試料、409…試料台、4

10…試料温度制御機構、411…高周波バイアス印加手段、412…中心部、413…同軸導波管変換器、414…導波管、501…真空容器、502…永久磁石、503…同軸線路、504…空心コイル、505…平板状アース電極、506…放射状ストリップライン、507…石英ガラス、508…被加工試料、509…試料台、513…同軸導波管変換器、514…導波管、515…円盤状電極、601…真空容器、602…永久磁石、603…同軸線路、604…空心コイル、605…平板状アース電極、606…放射状ストリップライン、607…石英窓、608…被加工試料、609…試料台、613…同軸導波管変換器、614…導波管、701…真空容器、702…永久磁石、703…同軸線路、704…空心コイル、705…平板状アース電極、706…放射状ストリップライン、707…石英窓、708…被加工試料、709…試料台、713…同軸導波管変換器、714…導波管、715…アース電位導体、716…開口部、806…直線状アンテナ、807…石英ガラス、812…給電点、901…レジストマスク、902…シリコン酸化膜、903…窒化シリコン、904…シリコン、905…ポリシリコン、906…メモリセル。

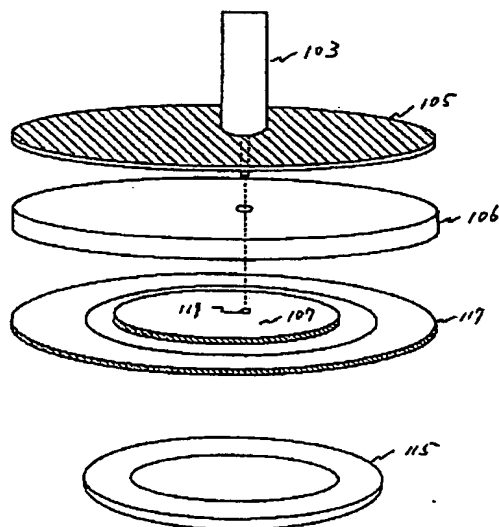
【図1】

図1



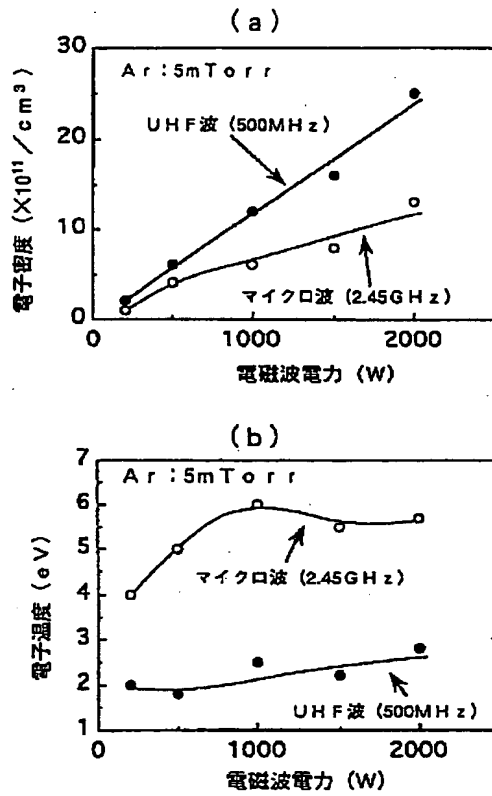
【図2】

図2



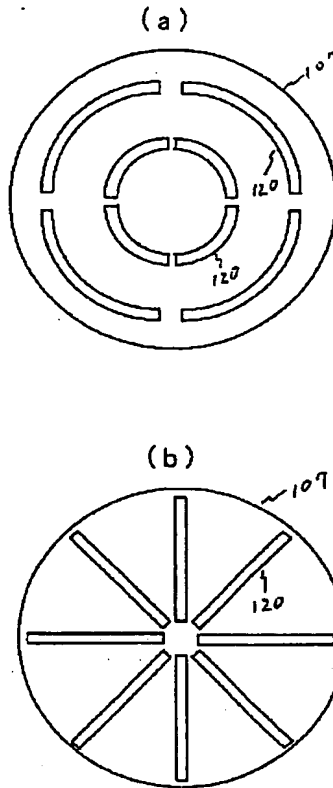
【図3】

図3



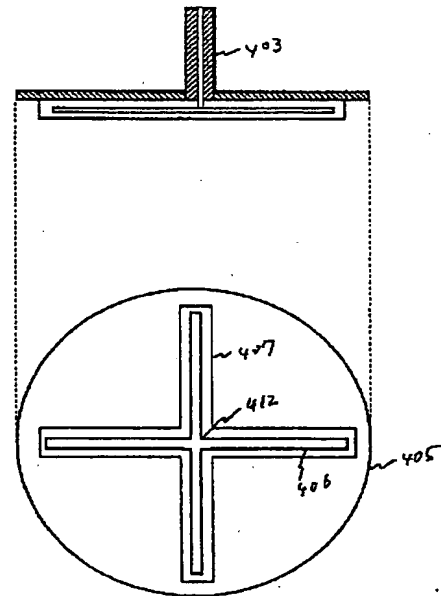
【図4】

図4



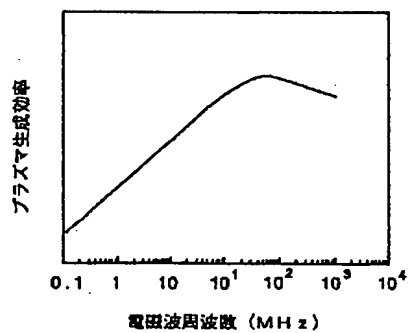
【図10】

図10



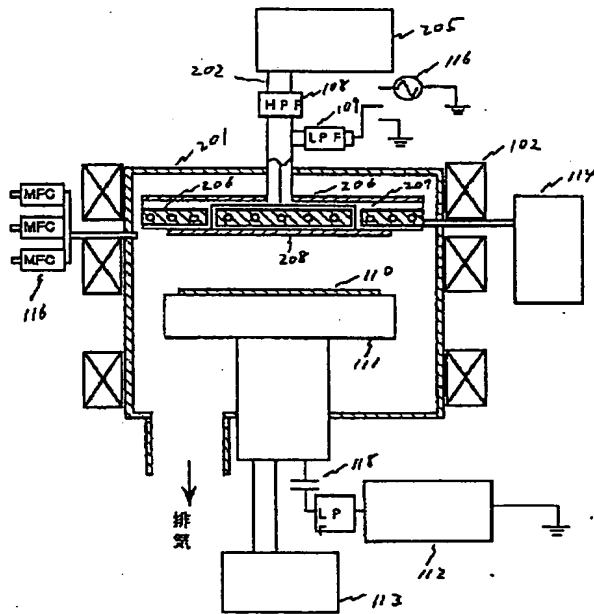
【図16】

図16



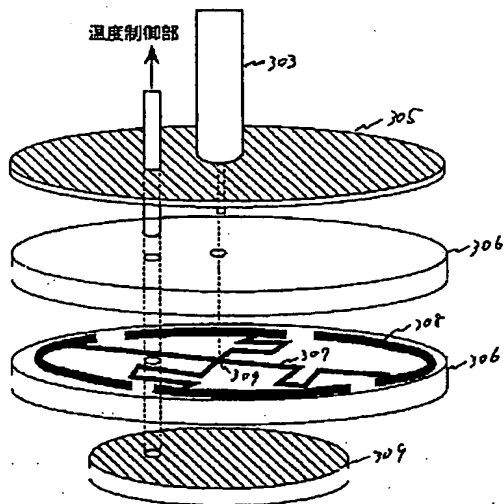
【図5】

図5



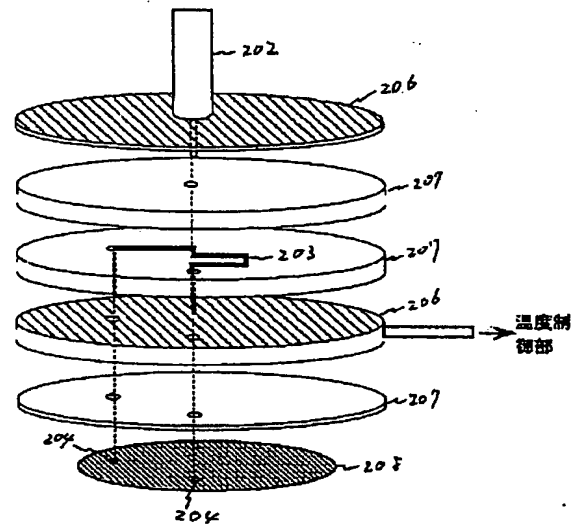
【図8】

図8



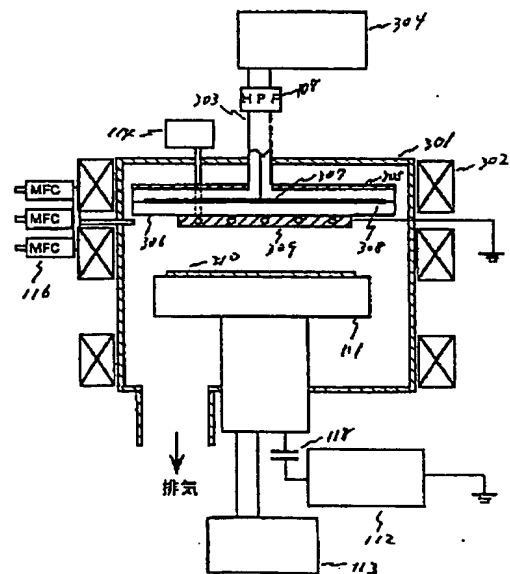
【図6】

図6



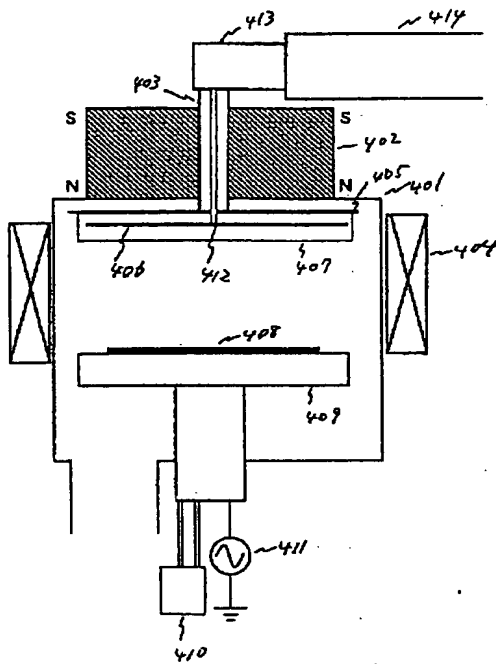
【図7】

図7



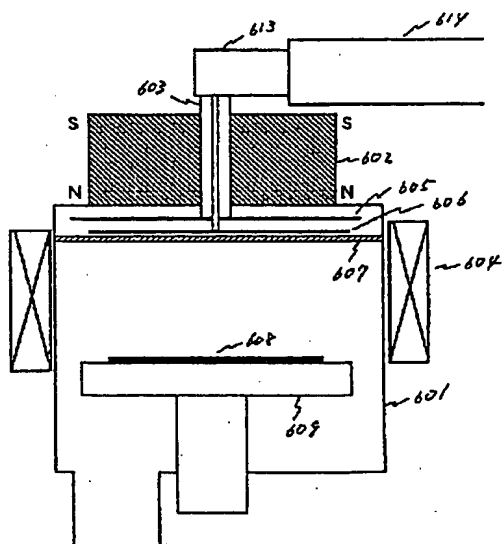
【図 9】

図9



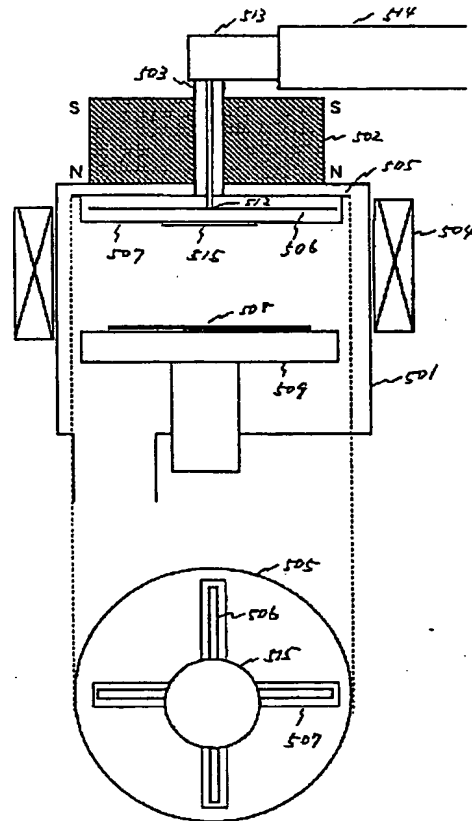
【図 12】

図12



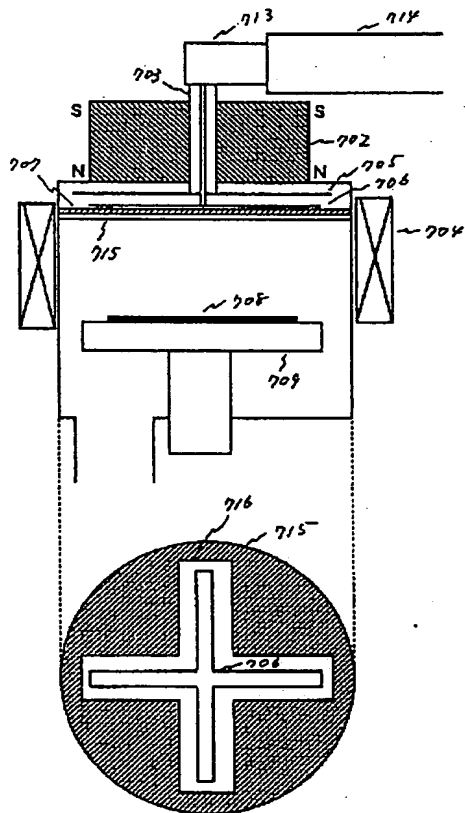
【図 11】

図11



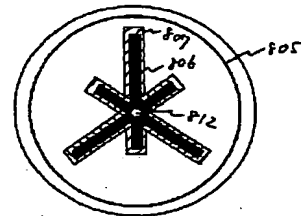
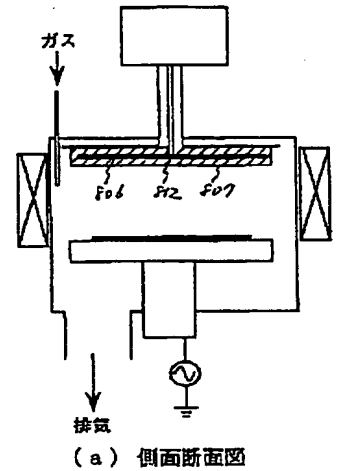
【図13】

図13



【図14】

図14

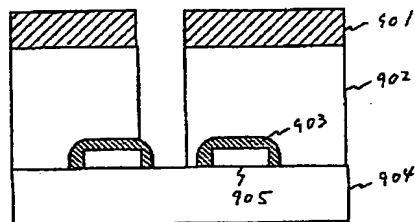


(b) アンテナ部を下部から見た図

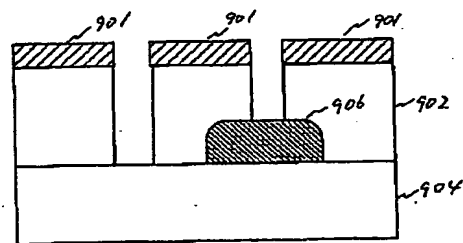


【図15】

図15



(a) セルフアラインコンタクト加工



(b) コンタクトホール加工

フロントページの続き

(72)発明者 森 政士  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 鈴木 敬三  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 小野 哲郎  
山口県下松市大字東豊井794番地 株式会  
社日立製作所笠戸工場内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成13年4月13日(2001.4.13)

【公開番号】特開平9-321031

【公開日】平成9年12月12日(1997.12.12)

【年通号数】公開特許公報9-3211

【出願番号】特願平8-300039

【国際特許分類第7版】

H01L 21/3065

H05H 1/46

【FI】

H01L 21/302 C

H05H 1/46 C

【手続補正書】

【提出日】平成11年9月17日(1999.9.17)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】プラズマ処理室と、

被加工物と対向する位置で、300MHz以上1GHz以下の電磁波を放射する平面板を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】前記平面板は、前記プラズマ処理室内に設けられていることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】前記プラズマ処理室の外部に設けられ、前記電磁波と相乗してプラズマを形成するための磁場形成手段を有することを特徴とする請求項1または2に記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】前記被加工物と前記平面板との距離を可変にする手段とを備えたことを特徴とする請求項1乃至3何れかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】前記電磁波は、円偏波として放射されることを特徴とする請求項1乃至4何れかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】前記平面板の表面はシリコン、グラファイトの何れかからなることを特徴とする請求項1乃至5何れかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】容器と、

前記容器内に反応ガスを導入する手段と、

前記容器内のガスを排気する手段と、

前記容器内に設けられる被加工物を設置するための台と、

前記台と対向する位置で電磁波を放射する平面板と、

前記平面板に接続され、UHF帯の第1の高周波を印加する第1の電源と、

前記第1の高周波と重畳し得るように設けられ、第2の高周波を印加する第2の電源と、

前記容器の外部に設けられ、前記電磁波と相乗してプラズマを形成するための磁場形成手段とを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項8】前記平面板は、前記容器内に設けられ、前記平面板の表面は、シリコン、グラファイト、アルミニウム、ステンレスの何れかからなることを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置。

【請求項9】前記第2の高周波は、20MHz以下の周波数であることを特徴とする請求項7または8記載のプラズマ処理装置。

【請求項10】容器と、

前記容器内に反応ガスを導入する手段と、

前記容器内のガスを排気する手段と、

前記容器内に設けられ被加工物を設置するための台と、

前記被加工物と対向する位置にあり、平面板と誘電体とアース電位導体とからなる電磁波放射アンテナと、

前記容器の外部に設けられ、前記電磁波と相乗してプラズマを形成するための磁場を印加する手段とを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項11】前記電極にUHF帯の電源が接続されていることを特徴とする請求項9または10記載のプラズマ処理装置。

【請求項12】前記UHF帯は、300MHz以上1GHz以下の高周波であることを特徴とする請求項11記載のプラズマ処理装置。

【請求項13】前記電磁波放射アンテナはシリコン、グラファイトの何れかからなることを特徴とする請求項9乃至12何れかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項14】容器と、

前記容器内に反応ガスを導入する手段と、

前記容器内のガスを排気する手段と、  
前記容器内に設けられ被加工物を設置するための台と、  
前記容器内に設けられ、前記被加工物と対向する位置で  
電磁波を放射する平板と、  
前記平板に、高域通過フィルタを介してUHF帯の電  
磁波を供給すると共に、低域通過フィルタを介して20

MHz以下の周波数の電磁波を重畳して供給する手段  
と、  
前記容器の外部に設けられ、前記電磁波と相乗してプラ  
ズマを形成するための磁場形成手段とを有することを特  
徴とするプラズマ処理装置。